© 2015 ARQUEOLOGÍA IBEROAMERICANA 27: 40–54. ISSN 1989–4104. http://purl.org/aia.

ARQUEOLOGÍA ARGENTINA

SIG Y TELEDETECCIÓN EN INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS DEL CHACO ARGENTINO

GIS and Remote Sensing in the Archaeological Research of the Argentine Chaco

Guillermo N. Lamenza

FCNyM (UNLP)-CONICET, La Plata, Argentina

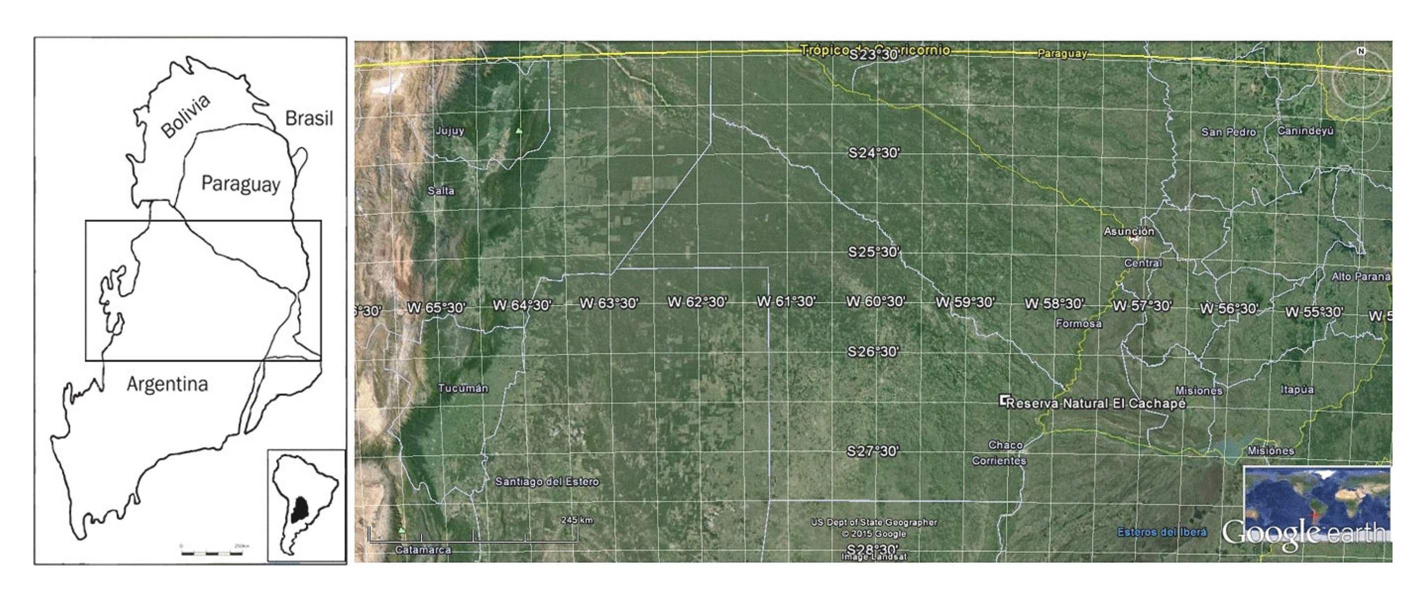


Figura 1. Localización geográfica del Gran Chaco sudamericano. Detalle del área estudiada.

RESUMEN. *Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto interdisciplinario cuyo objetivo general es reconstruir el proceso biocultural prehispánico y el uso del espacio en el Gran Chaco sudamericano (Proyecto UNLP-CONICET:* Dinámica Cultural Chaqueña en el Holoceno Tardío*). Esta región se presenta como una extensa llanura caracterizada por sus bosques y humedales, comprende un territorio que supera el millón de km² y se ubica en la porción centro-sur del continente. De manera específica, el sector correspondiente al territorio argentino se extiende desde el río Pilcomayo hasta aproximadamente el paralelo 30°, incluyendo las provincias de Chaco, Formosa, Santiago del Estero y, parcialmente, las de Salta, Jujuy, Tucumán, La Rioja, Catamarca, San Juan, San Luis, Córdoba, Santa Fe y Corrientes. Se presentan los resultados de las últimas investigaciones arqueológicas abocadas a la localización de asentamientos humanos prehispánicos y su vinculación con el paisaje. Se procedió a la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), procesamiento digital de imágenes y teledetección para la sistematización y creación de nueva información. Como resultado, se obtuvo un algoritmo que integra cartografía temática de utilidad arqueológica y permite establecer zonas de potencialidad diferencial para la localización de sitios arqueológicos. Esta contribución constituye un avance en las investigaciones arqueológicas regionales permitiendo, por un lado, la puesta en valor patrimonial y, a su vez, optimizar las tareas de prospección y* relevamiento *de sitios.*

Recibido: 9-VII-2015. Modificado/Aceptado: 25-VII-2015. Publicado: 31-VII-2015. http://purl.org/aia/274.

Editor/*Publisher*: Pascual Izquierdo-Egea.

PALABRAS CLAVE: *SIG, sensores remotos, Chaco prehispánico.*

ABSTRACT. *This work is part of an interdisciplinary project whose overall objective is to reconstruct the pre-Hispanic biocultural process and use of space in the South American Gran Chaco (UNLP-CONICET Project* Dinámica Cultural Chaqueña en el Holoceno Tardío*). This region appears as a vast plain characterized by its forests and wetlands, comprising an area of over one million km², and is located in the central-south portion of the continent. Specifically, the Argentine territory of the Gran Chaco stretches from the Pilcomayo River to about –30º latitude, including the provinces of Chaco, Formosa, Santiago del Estero, and partly Salta, Jujuy, Tucuman, La Rioja, Catamarca, San Juan, San Luis, Cordoba, Santa Fe, and Corrientes. The results of the latest archaeological research oriented to the location of prehistoric human settlement and its relationship with the landscape are presented. We proceeded to use Geographic Information Systems (GIS), digital image processing, and remote sensing for the systematization and creation of new information. As a result, an algorithm that integrates archaeological thematic maps and allows for differential potential areas for locating archaeological sites was obtained. This contribution results in an improvement in the regional archaeological research, creating heritage value and, in turn, optimizes the survey of archaeological sites.*

KEYWORDS: *GIS, Remote sensing, Prehispanic Chaco.*

INTRODUCCIÓN

El Gran Chaco sudamericano comprende un vasto territorio que supera 1.141.000 km² y se ubica en la porción centro-sur del continente (fig. 1). Por su extensión, es la segunda región boscosa de América del Sur después de la selva amazónica. Se extiende desde los 16° 55’ de latitud sur, en la región tropical, a los 33° 52’ de latitud sur, en la región templada, y desde los 67° 50’ de longitud oeste, al pie de los Andes, hasta los 57° 52’ de longitud oeste, en la provincia de Corrientes (Naumann 2006).

Esta extensa llanura encierra una notable diversidad biológica y cultural que ha sido un atractivo significativo desde tiempos históricos donde la búsqueda del equilibrio ecológico ha sido una constante. Sin embargo, para momentos previos a la conquista, esta aseveración se planteó desde las posibilidades que brinda el ambiente aunque sin contar con evidencias empíricas concretas. Así fue cómo se planteó la idea del Chaco como el «agujero negro» de la arqueología sudamericana (Braunstein *et al.* 2002), sin duda haciendo referencia al profundo desconocimiento sobre el pasado prehispánico regional. En los últimos años, la ejecución de investigaciones arqueológicas sostenidas ha comenzado a revertir aquella situación. En un primer momento, se priorizó un abordaje extensivo en terreno, lo cual permitió un ordenamiento preliminar del espacio en tres sectores ecológico-culturales identificados como *Chaqueño Subandino*, representado por la zona de piedemonte de los faldeos orientales de las Sierras Subandinas; *Chaqueño Central*, emplazado entre los meridianos 59° y 63°, y *Chaqueño Ribereño Paraguay-Paraná*, que abarca el territorio limitado por el sistema Paraguay-Paraná hasta el paralelo de 28° de latitud sur (Calandra y Salceda 2004).

Actualmente, los trabajos están abocados a zonas con problemáticas específicas, siendo el sector *Ribereño Paraguay-Paraná* abordado con mayor profundidad (Santini 2009; Lamenza 2013; Lamenza y Santini 2013). Para profundizar y dar continuidad a estas investigaciones, es fundamental incrementar las tareas de campo, optimizando las prospecciones e incorporando tecnologías que permitan integrar y generar nueva información. Por ello, el objetivo de este artículo es presentar una propuesta de trabajo que permite evaluar el potencial arqueológico de un área, jerarquizar zonas prioritarias de protección y generar nueva información de utilidad para planificar prospecciones arqueológicas dirigidas. Para alcanzar dicho objetivo, se seleccionó una unidad espacial acotada, correspondiente a un sector paradigmático en la arqueología del Gran Chaco, la reserva natural «El Cachapé». A continuación, se resumen las características ambientales y arqueológicas principales de la reserva, se describe la metodología de trabajo propuesta y se presentan los resultados en función de sus aportes a la arqueología regional.

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA RESERVA NATURAL «EL CACHAPÉ»

La zona de estudio se incluye dentro de la región biogeográfica neotropical, dominio chaqueño, pro-

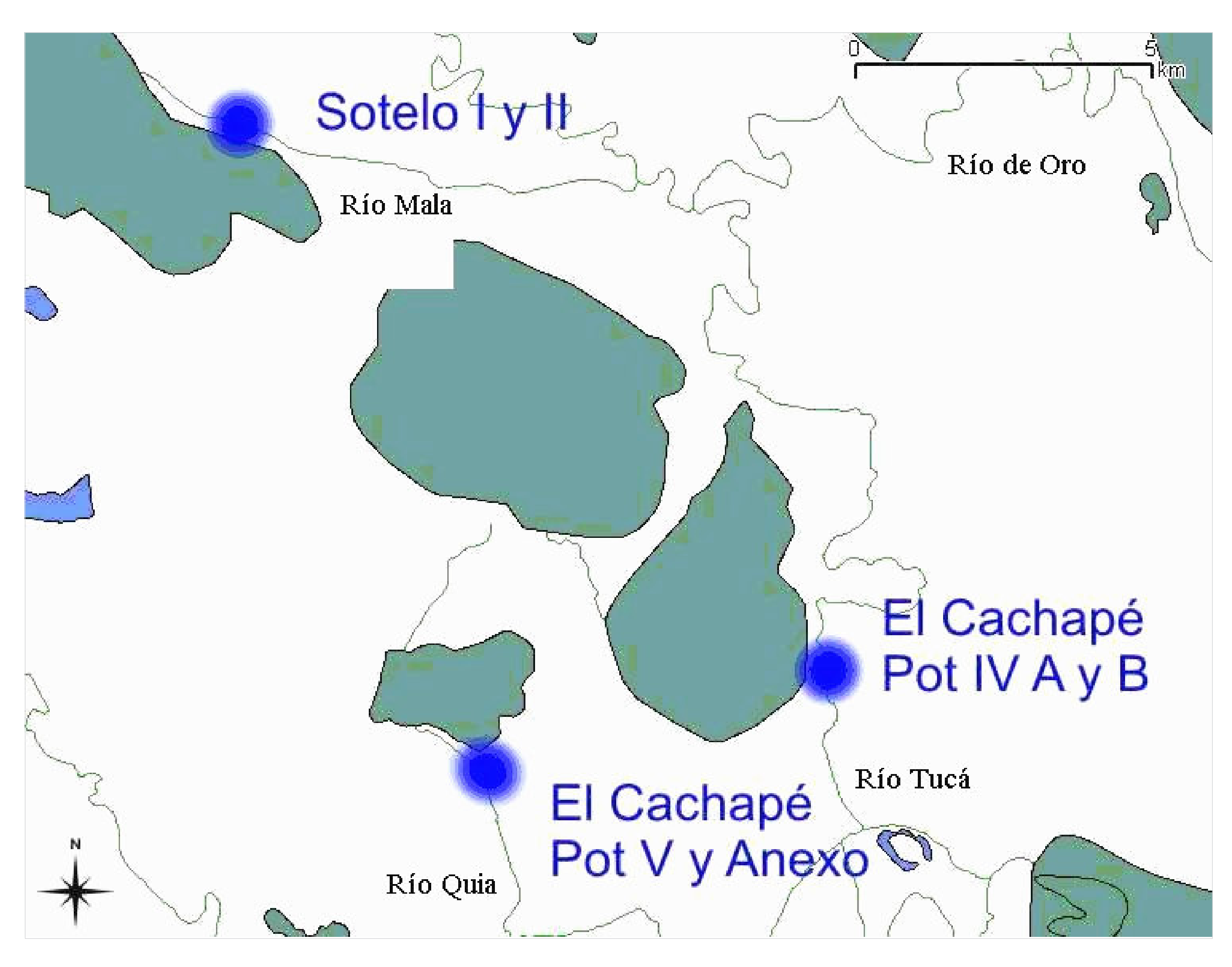


Figura 2. Vinculación de sitios arqueológicos con cuerpos y cursos de agua (Lamenza 2006).

vincia chaqueña (Cabrera y Willink 1973). En particular, el ámbito de la reserva se adscribe a los grandes humedales sudamericanos (Neiff *et al.* 1994), situándose dentro de la subregión de esteros, cañadas y selvas de ribera del denominado Chaco húmedo (Morello y Rodríguez 2009). Como rasgos ecológicos sobresalientes para la subregión, Morello y Adámoli (1974) señalan alta variabilidad pluviométrica, alternancia constante de inundaciones y sequías, coincidencia entre las crecientes de los tributarios y la de los colectores, originando inundaciones periódicas y extraordinarias, e inflamabilidad generalizada de ambientes de pastizales. Por ello, Morello (1995) afirma que el régimen de precipitaciones es el factor regulador del sistema natural chaqueño. Los pulsos de abundancia y escasez de lluvias son determinados por los cambios climáticos globales pudiendo generar inundaciones o sequías extremas. A su vez, estos pueden producirse de forma simultánea en áreas contiguas, colapsando ambientalmente gran parte de la región (Morello 1995). A su vez, esta mínima diferencia altitudinal, la torrencialidad estacional de los ríos y los aportes eólicos y fluviales generan una topografía local moderadamente irregular, con albardones elevados respecto a los alrededores anegables (Ginzburg y Adámoli 2006). Estos albardones conforman los únicos elementos geomorfológicos emergentes en aquellos lugares donde ocurren las inundaciones extraordinarias (Iriondo 1999). El clima actual es tropical semiárido a húmedo, caracterizado por un intercambio permanente de masas de aire tropical y austral. Las temperaturas oscilan entre los 24 y 30 °C en verano, con máximas que superan los 40 °C. El periodo de lluvias se corresponde con la estación cálida y se concentra durante los meses de octubre a abril. El mínimo de precipitaciones se registra durante la estación invernal, entre los meses de junio a agosto, en los que se presentan sequías y algunas heladas (Ginzburg y Adámoli 2006).

SÍNTESIS ARQUEOLÓGICA DE LA RESERVA NATURAL «EL CACHAPÉ»

Los sitios arqueológicos identificados dentro de la reserva se encuentran en estrecha relación con cursos de agua secundarios (v. gr. arroyos Tucá y Quiá), sobre líneas de albardón donde se instalan bosques *riparios* de inundación (Ginzburg y Adámoli 2006). Se reconocen como estructuras mono- o biocupacionales que configuran montículos distribuidos por pares, que se encuentran sobre el terreno por encima del nivel de inundación en la época de lluvia (Lamenza 2013). A su vez, están distribuidos de forma tal que interconectan cursos de agua con bañados, planteando una estrategia que permite disponer de los recursos y acceder a las vías de comunicación fluvial (Lamenza 2006; fig. 2). En términos generales, el rango cronológico posiciona estos sitios dentro del Holoceno tardío (Lamenza *et al.* 2011; Lamenza *et al.* 2015).

Los restos de fauna recuperados, en su gran mayoría pertenecientes a taxones de hábitos acuáticos, evidencian una economía cazadora-recolectora pescadora basada, principalmente, en la explotación de *Myocastor coypus* (coipo) y, en menor medida, de *Blastocerus dichotomus* (ciervo de los pantanos) y *Cavia aperea* (cuis) (Santini 2009). Los recursos complementarios, producto de la recolección de moluscos (*ampularias* y *diplodones*) y la pesca, han tenido una significativa importancia (Lamenza y Santini 2012).

En todos los sitios se ha recuperado abundante material cerámico representando diferentes etapas de la producción (manufactura, uso, reciclado y descarte). En general, las pastas presentan núcleos que van del gris al negro, con márgenes grisáceos y pardos, cocción oxidante incompleta, inclusiones de tiesto molido de tamaño mediano. La técnica de manufactura utilizada ha sido la de rodete. Los fragmentos poseen una dureza media (3 y 4 de la escala de Mohs) y su fractura es irregular. La matriz presenta una textura media y porosa. Las formas presentes son abiertas no restringidas y restringidas, ambas de contornos simples, como son las escudillas, cuencos y ollas, con diámetros que oscilan entre 12-36 cm.

La decoración incluye incisiones de líneas finas y gruesas, de surco rítmico, punteados, presiones unguiculares, impronta de cordelería y, con mayor frecuencia, corrugados en sus variantes simple, inciso y unguiculado (Lamenza *et al.* 2005; Lamenza 2013). También, en algunos de estos montículos, se han encontrado restos óseos humanos. Por un lado, se evidencian prácticas inhumatorias primarias en tierra dentro del espacio habitacional (Desántolo *et al.* 2005; Lamenza *et al.* 2012). Por otro, llama la atención la presencia de restos humanos dispersos en un contexto de basurero, vinculados con restos óseos faunísticos, material cerámico fragmentado y restos de fogón. Esto último reviste particular importancia no solo para el estudio de los procesos de formación que afectan a la integridad del registro sino, y especialmente, para el análisis del procesamiento mortuorio secundario o como evidencia de violencia interpersonal y/o canibalismo (Salceda *et al.* 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para concretar los objetivos propuestos, se recurrió a los SIG, procesamiento digital de imágenes y diversas técnicas de teledetección. En base a la experiencia propia en el área, se priorizó la información de los sitios arqueológicos *relevados* en las últimas prospecciones en relación con variables ambientales.

1. Adquisición de datos

a. Información de campo

Se actualizó el mapa arqueológico regional (Lamenza *et al.* 2006) con los sitios detectados en las últimas prospecciones presentadas en Lamenza (2013). Se utilizaron los puntos GPS adquiridos con una unidad GPS *Garmin Dakota 20* (tabla 1) y se completaron fichas de registro de sitios arqueológicos siguiendo a De Feo *et al.* (2003).

b. Imágenes satelitales, DEM y cartografía

Para conformar el conjunto cartográfico de base se obtuvieron imágenes *Landsat* disponibles en el servidor de *Global Land Cover Facility* (GLCF, www.landcover.org) correspondientes a la zona de estudio. A su vez, se obtuvo un modelo digital de elevación (DEM) SRTM, escena p226-r079 con una resolución de pixel de 90 metros. La fuente de estos datos fue el GLCF. Para poder delimitar correctamente el área de la reserva, se consultó el registro gráfico parcelario de la provincia de Chaco (Dirección Provincial de Catastro y Cartografía) y, a

Tabla 1. Sitios arqueológicos detectados en las campañas de los años 2009 al 2013.

Código	Latitud Sur	Longitud Oeste
SChaPrim 4.1	26° 53´ 46,16´´	59° 0´ 49,60´´
SChaPrim 5.1	26° 52´ 27,80´´	58° 57´ 26,01´´
SChaPrim 6.1	26° 52´ 25,77´´	58° 57´ 26,16´´
SChaPrim 13.0	26° 52´ 42,54´´	58° 57´ 22,55´´
SChaPrim 14.0	26° 52´ 51,03´´	58° 57´ 23,38´´
SChaPrim 10.0	26° 52´ 55,48´´	58° 57´ 24,89´´
SChaPrim 11.0	26° 52´ 31,75´´	58° 57´ 40,95´´
SChaPrim 7.1	26° 53´ 42,61´´	59° 0´ 50,46´´
SChaPrim 12.0	26° 53´ 39,80´´	59° 0´ 51,84´´
SChaSmar 1.1	26° 47´ 38,25´´	59° 3´ 19,98´´
SChaSmar 2.1	26° 47´ 33,26´´	59° 3´ 20,22´´
SChaSmar 3.1	26° 48´ 36,75´´	59° 8´ 46,11´´
SChaSmar 4.0	26° 49´ 32,91´´	59° 8´ 39,53´´
SChaSmar 5.0	26° 50´ 23,76´´	59° 9´ 28,16´´
SChaPrim 8.1	26° 54´ 48,89´´	59° 1´ 27,58´´
SChaPrim 9.1	26° 54´ 48,95´´	59° 1´ 29,26´´
SChaSmar 7.0	26° 49´ 34,67´´	58° 58´ 29,49´´
SChaBer 1.0	27° 7´ 1,29´´	58° 38´ 31,57´´
SChaScab 1.0	26° 52´ 10,34´´	59° 18´ 23,58´´
SForLai 1.0	26° 32´ 2,70´´	58° 33´ 13,38´´
SForLai 2.0	26° 32´ 29,15´´	58° 32´ 48,90´´
SForPil 1.0	25° 6´ 41,03´´	58° 9´ 3,38´´

fin de acceder a imágenes compuestas en alta definición, se obtuvieron capturas de pantalla de *GoogleEarth* (n = 50) de la imagen del satélite *QuickBird 2* del 6 de Octubre de 2002.

2. Procesamiento digital de imágenes y SIG

Para el logro de los objetivos planteados, se incorporó la información en un sistema de información geográfica utilizando el software *ArcView 3.2* con sus extensiones *Xtools 6/01/2001*; *Image Analysis 1.1* y *3D Analyst 1.0*. A fin de obtener una referencia útil para establecer el área de trabajo, se generó un polígono a partir de la imagen de catastro. Este polígono, denominado «El Cachapé», corresponde a la parcela de la reserva y es la base de todas las operaciones de recorte.

El reconocimiento general de la zona de trabajo se realizó mediante la utilización de las imágenes *Landsat*. Las mismas fueron reproyectadas a una proyección *Gauss Krugger* faja 5 (marco *Posgar94*, sistema WGS84), siguiendo un método riguroso y un remuestreo de tipo *convolución* cúbica mediante la utilización del *software ENVI v4.7*. Estas imágenes se incorporaron al sistema de información geográfica, se recortaron según el polígono «El Cachapé», se ordenaron por fecha y se establecie-

ron diversas vistas para realizar una aproximación visual de las características relevantes. Se realizaron composiciones en color real (bandas 321) y en falso color compuesto infrarrojo (bandas 432) para realizar una interpretación visual y comparar el estado de la vegetación con sus variaciones estacionales e interanuales.

Para el cálculo de las áreas potenciales de asentamiento, se aplicaron diferentes criterios y se establecieron cuatro niveles de potencialidad. De menor a mayor probabilidad de encontrar asentamientos humanos prehispánicos en el predio, se definieron los siguientes niveles.

El cuarto nivel de potencialidad se estableció según el criterio de altura del terreno. Se parte de la hipótesis de que los pobladores prehispánicos hicieron uso preferencial de las alturas para resguardarse de las inundaciones. Para relacionar el emplazamiento de los sitios con la altura del terreno, se recurrió al DEM SRTM. Para incorporarlo en el GIS, se lo reproyectó de la misma manera que las imágenes *Landsat*.

Se procesó con *Global Mapper v11.02* para la elaboración de la capa curvas de nivel y para realizar una simulación de la reserva con distintos niveles de inundación. Relacionando el emplazamiento de los sitios dentro del predio, puede observarse que se encuentran por encima de los 66 metros de altura. Por lo tanto, para el establecimiento del cuarto nivel, se seleccionaron las alturas iguales y mayores a 66 metros y se generó un nuevo polígono denominado «Cuarto Nivel». A su vez, este polígono se utilizó para el cálculo de las áreas potenciales y no potenciales.

Para el tercer nivel de potencialidad, se tuvo en cuenta el criterio de conservación de los sitios. Por este motivo, se consideró la extensión actual de monte como un criterio válido para establecer este tercer nivel de potencialidad debido al estado de conservación que este ambiente puede generar. Con las capturas de pantalla de *GoogleEarth*, se realizó un mosaico abarcando la zona de la reserva mediante la utilización de *Photoshop CS2*. El mismo se georreferenció siguiendo la proyección *Gauss Krugger* faja 5 (marco *Posgar94*, sistema WGS84) utilizando el *software ERMapper 7.0* a través de una geocodificación polinomial y un remuestreo por *convolución* cúbica con 15 puntos de control. Dentro del sistema de información geográfica, se recortó la imagen al área de la reserva utilizando el polígono «El Cachapé» y se realizó otro con la cobertura de monte. Este se denominó «Tercer Nivel».

El segundo nivel se generó considerando las características del terreno específicas de los sitios excavados. Para ello, se realizó una clasificación supervisada (método paralelepípedo) con *ENVI 4.7*, con una región de interés por píxeles correspondiente al lugar de emplazamiento de dichos sitios. Para este análisis, se utilizó la imagen *Landsat* de abril de 2001 por ser la más próxima cronológicamente con la *QuickBird 2* de las capturas de *GoogleEarth* utilizadas para establecer el tercer nivel. A su vez, dicha imagen presenta los mayores niveles de humedad y los cursos de agua con mayor caudal. Con la superficie detectada se generó un polígono y se lo consideró como la zona prioritaria de segundo nivel.

El primer nivel se generó considerando como de máxima prioridad los lugares correspondientes a los sitios ya detectados, los cuales han sido excavados sistemáticamente o se han realizado recolecciones superficiales. Se generaron puntos denominados «Sitios Arqueológicos» con la base de datos y los puntos GPS del mapa arqueológico. Se seleccionaron los sitios emplazados dentro del polígono «El Cachapé». Tanto las excavaciones sistemáticas como las recolecciones superficiales son muestreos y no cubren la totalidad del área del antiguo asentamiento. Considerando la morfología de los montículos, se estima que dentro de un área de 60 metros se abarcaría la probable extensión de las ocupaciones. De esta manera, se calculó una zona de influencia de 60 metros en los puntos seleccionados, generándose un nuevo polígono denominado «Primer Nivel».

Con todas las capas resultantes, se calcularon las áreas respectivas y su porcentaje. Por último, se elaboró el mapa final con las capas mencionadas y como imagen de fondo se utilizó la banda pancromática de la imagen *Landsat* utilizada para la realización de la clasificación supervisada.

RESULTADOS

En la figura 3 se muestra un ejemplo de las distintas vistas utilizadas para lograr un reconocimiento de las características relevantes.

Resultado de las operaciones de cálculo de superficie, se pudo establecer que la reserva natural «El Cachapé» cuenta con una superficie de 1788 hectáreas. En cuanto al cuarto nivel de potencialidad, es importante destacar que la totalidad de los sitios están emplazados sobre albardones. A su vez,

Figura 3. Ejemplo de diversas vistas del sistema de información geográfica. Banda termal de imagen *Landsat* de junio de 2001 (arriba-izquierda). NDVI calculado sobre imagen *Landsat* de abril de 2001 (arriba-derecha). Imagen *QuickBird 2* de octubre de 2002 con superposición del *shape* generado sobre la cobertura de monte (abajo-izquierda). Falso color compuesto por las bandas 432 de la imagen *Landsat* de abril de 2001 (abajo-derecha).

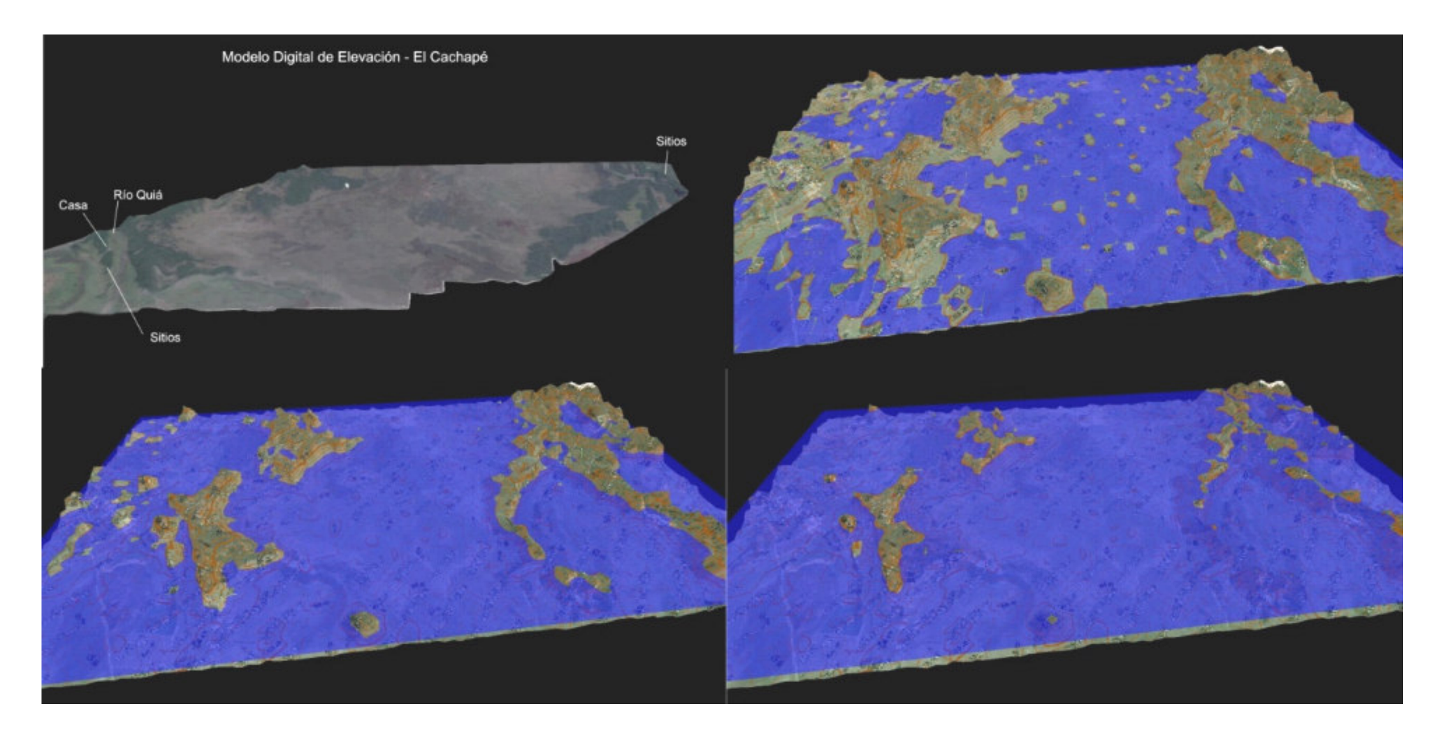


Figura 4. Modelo digital de elevación de la reserva (arriba-izquierda). Simulación del área de la reserva con un nivel de inundación establecido en 65 (arriba-derecha), 67 (abajo-izquierda) y 69 m. s. n. m. (abajo-derecha).

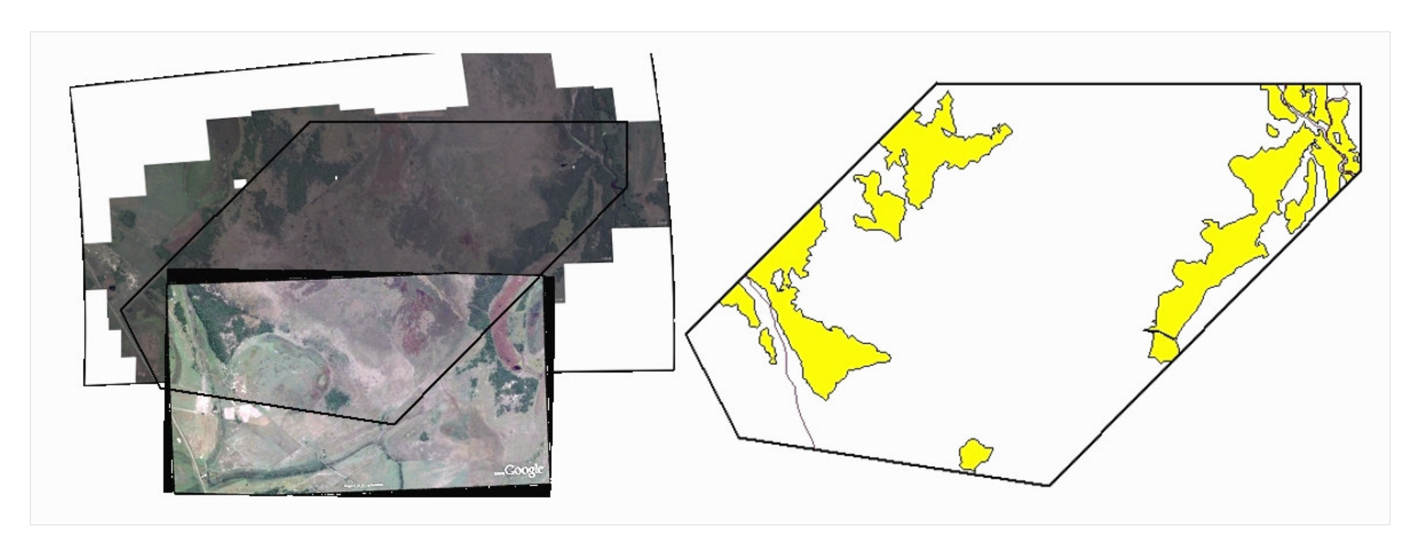


Figura 5. Tercer Nivel de potencialidad. Imagen *QuickBird 2* con delimitación de la reserva (izquierda). Polígono resultante correspondiente a la extensión actual de monte dentro de la reserva (derecha).

a partir del análisis de las imágenes satelitales, los sectores de mayor altura son los que tienen la vegetación más vigorosa. El modelo digital de elevación permitió relacionar los sitios detectados con alturas iguales o superiores a los 66 metros. La simulación de los distintos niveles de anegamiento resalta la importancia de este criterio para el emplazamiento de asentamientos humanos, especialmente en momentos de máxima inundación. Nótese que aun con un nivel de 69 metros, los sectores de monte donde se emplazan los sitios detectados quedan a resguardo del agua (fig. 4).

El resultado de la búsqueda de todas las alturas mayores o iguales a 66 metros conformó el cuarto nivel de potencialidad. El cálculo de superficie del polígono resultante arrojó una extensión de 515 hectáreas. Los niveles subsiguientes están incluidos dentro de esta superficie por lo que, a su vez, se consideró la extensión de 515 hectáreas como la totalidad de la sectorización denominada Áreas potenciales. En la figura 5 puede observarse la cobertura de la extensión actual de monte identificable a partir de la imagen *QuickBird 2* y el *shape* resultante de su delimitación en el entorno SIG. La extensión de la cobertura de monte dentro de la reserva es de 295 hectáreas. Con el resultado de la clasificación supervisada, se realizó un polígono que definió el segundo nivel de potencialidad (fig. 6). El cálculo de superficie arrojó una extensión de 94 hectáreas para la cobertura de terreno que responde a similares características que las de los sitios arqueológicos dentro de la reserva.

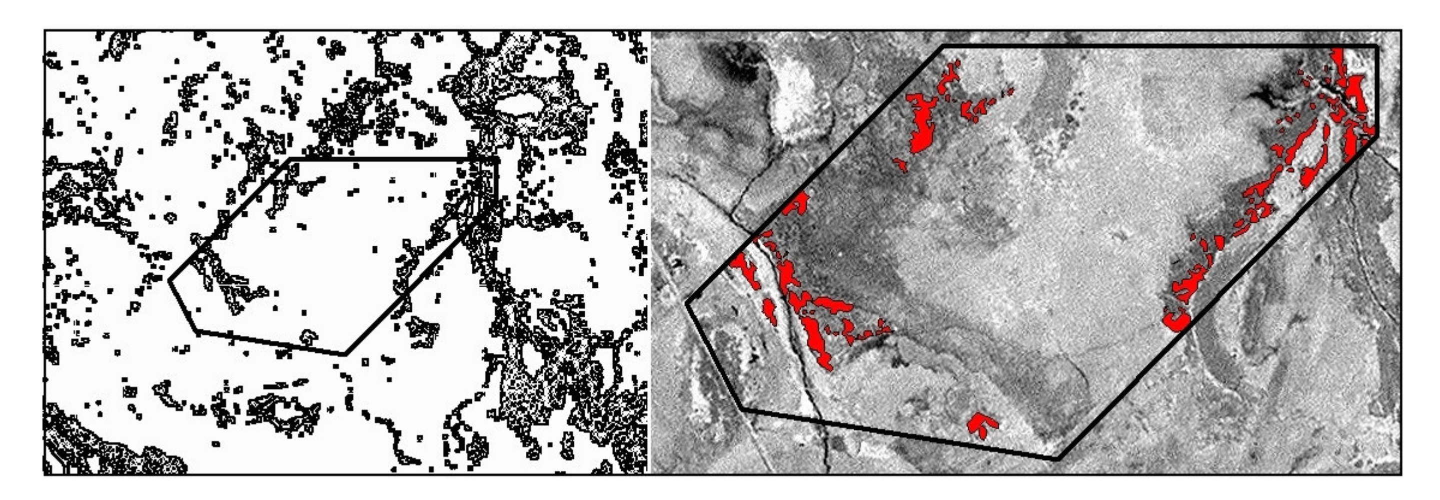


Figura 6. Segundo Nivel de potencialidad. Resultado de la clasificación supervisada tomando como áreas de entrenamiento a los sitios excavados (izquierda). Polígono resultante correspondiente a las áreas de la reserva que responden a las mismas características que las de los sitios excavados (derecha).

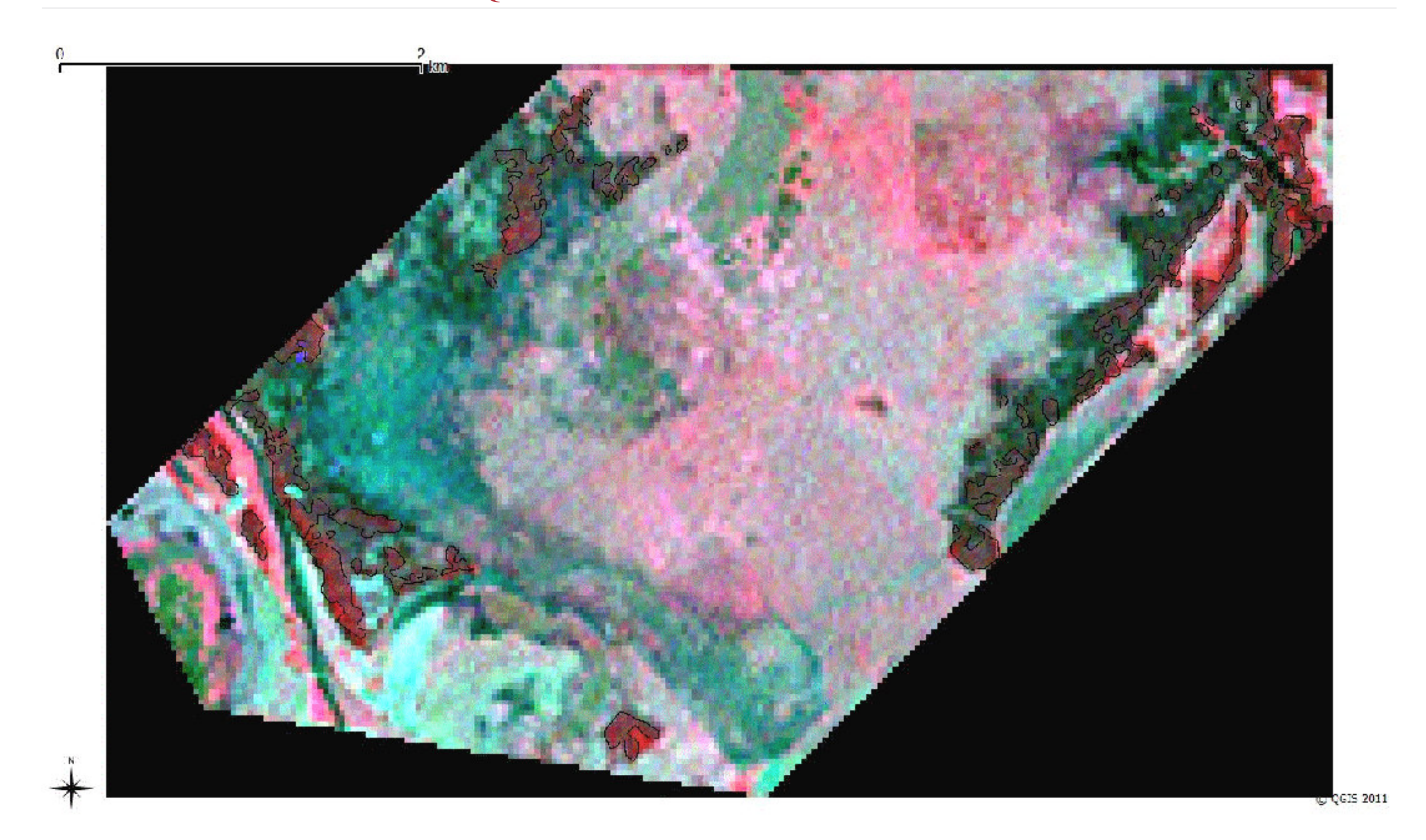


Figura 7. Superposición de imagen *Landsat* de abril de 2001 (bandas 432) con polígono resultante de la clasificación supervisada. Nótese la fuerte correspondencia entre el polígono y las áreas pertenecientes a la vegetación más vigorosa (rojo fuerte).

El resultado de la clasificación supervisada arrojó una cobertura similar a la extensión de la vegetación más vigorosa, tal como puede observarse en la imagen *Landsat* en su composición 432 (fig. 7). Por último, el primer nivel de potencialidad se definió a partir del cálculo de una zona de influencia de 60 metros para los sitios arqueológicos detectados dentro de la reserva. La superficie de este nivel es de 6 hectáreas y representa los sectores de la reserva de máxima potencialidad (fig. 8). En la figura 9 se representan los polígonos resultantes y, en la tabla 2, se representan las superficies y porcentajes de las áreas potenciales/no potenciales y de los niveles de potencialidad.

Para el cálculo de las áreas representadas en el mapa final, se tuvo en cuenta un criterio de exclusión de niveles. Por ejemplo, para establecer la superficie del cuarto nivel, se observa que de 515 hec-

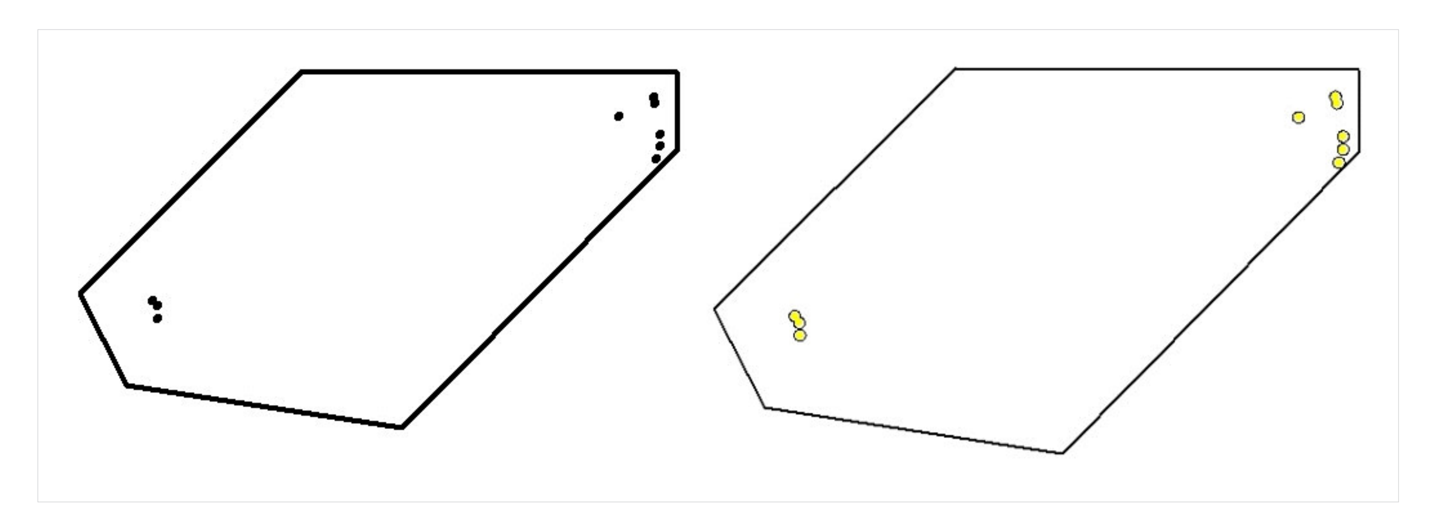


Figura 8. Primer Nivel de potencialidad. Sitios arqueológicos detectados dentro de la reserva (izquierda). Polígono resultante de calcular una zona de influencia de 60 metros para cada sitio dentro de la reserva (derecha)

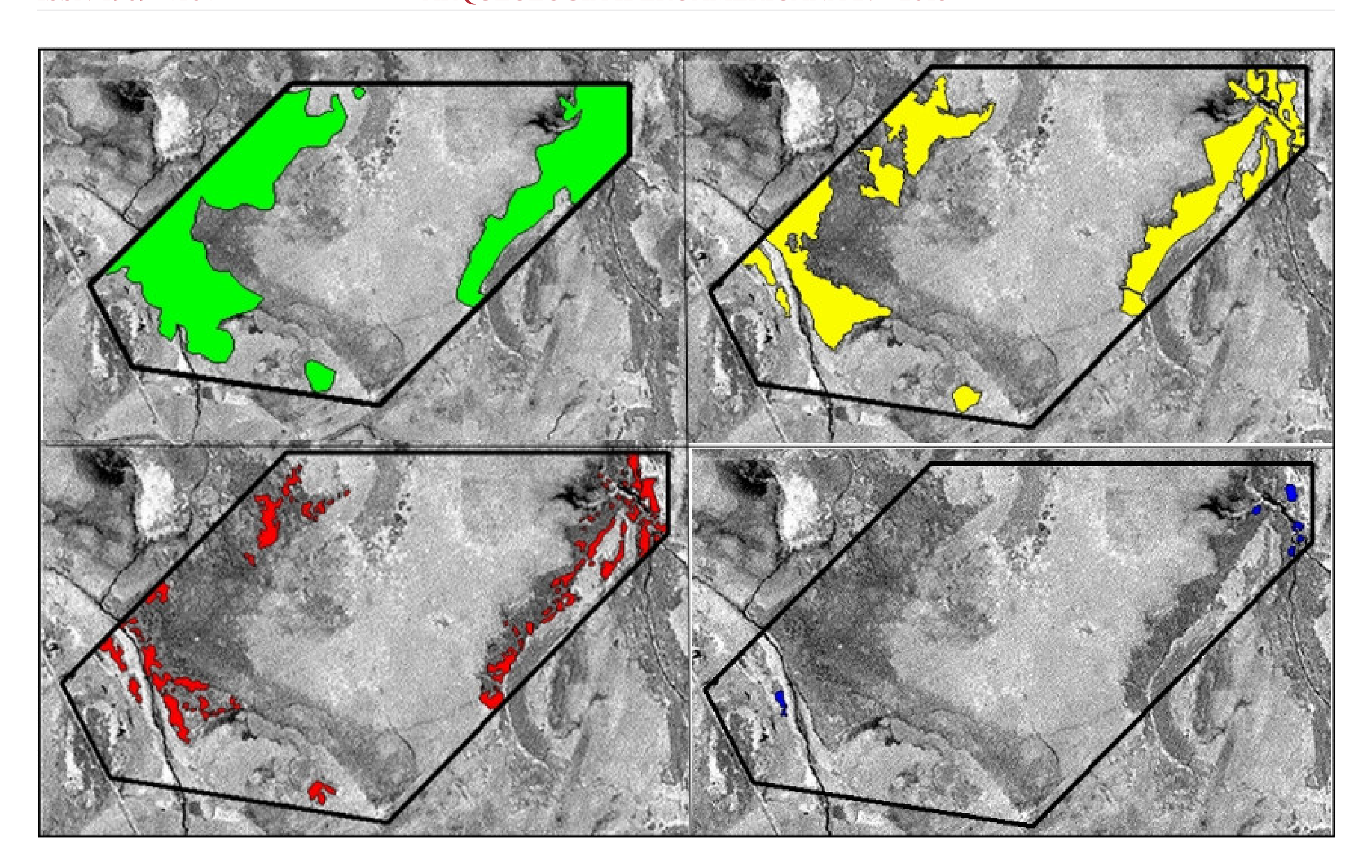


Figura 9. Capturas de pantalla de los niveles de potencialidad. Cuarto nivel (arriba-izquierda), tercer nivel (arriba-derecha), segundo nivel (abajo-izquierda) y primer nivel (abajo-derecha).

táreas de área potencial, solo 220 hectáreas cumplen exclusivamente la condición de tener altura igual o mayor a 66 metros. De las 295 hectáreas restantes, solo 201 hectáreas cumplen exclusivamente la condición de estar dentro del monte y así sucesivamente. Como resultado final, en la figura 10 se muestra la salida gráfica donde se representan las áreas potenciales y los niveles de potencialidad con sus respectivas extensiones y porcentaje de representación de los mismos.

	Área Potencial	
Potencial	515,095 ha	29%
No-potencial	1273,555 ha	71%
Total	1788,65 ha	100%
	Niveles de potencialidad	
1° nivel	6,25 ha	1%
2° nivel	87,613 ha	17%
3° nivel	200,744 ha	39%
4° nivel	220,488 ha	43%
Total	515,095 ha	100%

Tabla 2. Cálculo de superficies de áreas potenciales/no potenciales y niveles de potencialidad.

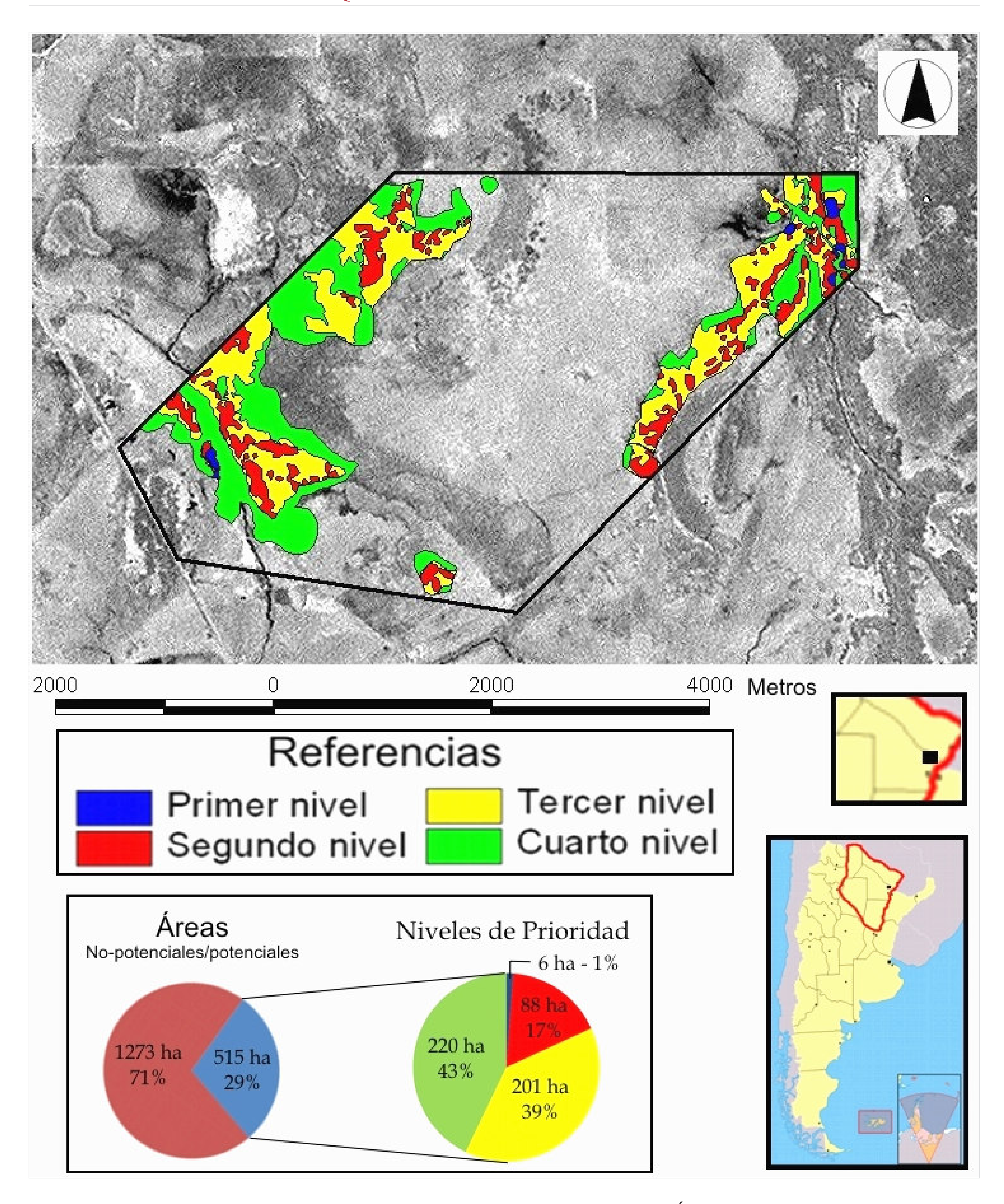


Figura 10. Mapa de potencialidad arqueológica de la reserva natural «El Cachapé». Áreas potenciales. Niveles de prioridad.

DISCUSIÓN

La constante búsqueda de nuevas herramientas que contribuyan a mejorar nuestra comprensión sobre el pasado prehispánico regional nos ha llevado a recurrir a los SIG, el procesamiento digital de imágenes y la teledetección. En este caso, para optimizar las tareas de prospección arqueológica y

priorizar áreas de conservación. La utilización de estos sistemas registra una amplia difusión dentro de la geografía y dentro del conjunto de estudios y aplicaciones donde el componente espacial y territorial es un aspecto clave del análisis. Para la arqueología, constituyen una herramienta de uso relativamente reciente (Araneda 2002). En términos de Conolly y Lake (2006), los SIG pasaron del dominio de los especialistas en informática a toda la comunidad arqueológica. Si bien la utilización de estos sistemas no está libre de cuestionamientos (Kvamme 1990, 2006; Wescott 2000), su uso tiene como finalidad mostrar de modo simplificado la complejidad de una realidad espacial con miras a reflexionar sobre los fenómenos observados y no de restituir el paisaje antiguo (Bartoncello y Nuninger 2002). Considerando los campos de los cuales provienen las herramientas utilizadas (informática y geografía), debemos tener presente que solo serán de utilidad para resolver problemas arqueológicos concretos y en la medida en que se defina un marco teórico de referencia (Barceló y Pallares 1996).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, la implementación de estos sistemas en el Gran Chaco siempre estuvo motivada por problemas arqueológicos concretos. En un principio, por la necesidad de *relevar* una importante cantidad de sitios arqueológicos, algunos identificados espacialmente por los autores y otros no; trabajando principalmente a una escala que podríamos denominar regional. Allí se realizó el Mapa Temático Arqueológico del Chaco, siendo el primer y único antecedente de utilización de SIG en el marco de la arqueología del Chaco (Lamenza *et al.* 2006).

En esta oportunidad se complementa la experiencia previa destacando el potencial de los SIG en la sistematización de la información y análisis de datos ecológico-culturales, permitiendo la localización de sitios arqueológicos en relación con el ambiente. Estos estudios deberán complementarse con trabajos de campo para la validar en el terreno el procedimiento propuesto. Su implementación permitirá reducir de manera considerable los costos de las tareas de campo y el tiempo invertido en la detección de nuevos sitios arqueológicos.

Finalmente, remarcar que este trabajo aspira a integrar, en el marco de la arqueología argentina, un campo de conocimiento en continuo avance y evolución como es la utilización de los SIG con un enfoque predictivo para optimizar la búsqueda de sitios arqueológicos (cfr. Matteucci y Scheinsohn 2004; De Feo y Gobbo 2005; De Feo 2010; Magnin 2010; Mignone 2011, 2013; Figuerero e Izeta 2013; entre otros).

CONCLUSIONES

A partir de las tareas mencionadas, se complementó un SIG orientado a resolver una problemática arqueológica concreta y se generó nueva información de utilidad arqueológica. En este caso, se incorporaron aspectos relevantes para dar cuenta del patrimonio arqueológico de la reserva natural «El Cachapé» (Chaco, Argentina).

El análisis de la información en el SIG permitió el establecimiento de las áreas potenciales y, dentro de estas, la diferenciación en cuatro niveles de potencialidad con sus respectivas localizaciones y extensiones.

Cada nivel está definido por diferentes criterios, en los cuales se articulan datos previos con información nueva generada por el sistema.

El cuarto nivel de potencialidad integra el área que posee alturas similares a la de los sitios previamente detectados. Es importante destacar que la totalidad de los sitios están emplazados sobre albardones. A su vez, a partir del procesamiento digital de imágenes, podemos vincular estos sectores con las partes de los albardones que portan la vegetación más vigorosa. El modelo digital de elevación y la simulación de distintos niveles de anegamiento resalta la importancia de este criterio para el emplazamiento de asentamientos humanos, especialmente en momentos de máxima inundación.

Cabe destacar que la importancia de utilizar imágenes *Landsat* en este trabajo se debe principalmente a sus ventajas operativas y técnicas. Por un lado, es notable la facilidad y el bajo costo en el proceso de adquisición de las imágenes. Por otro, son fundamentales para el análisis de variables ambientales. En este caso, la hidrología y la vegetación son aspectos relevantes para el estudio de las condiciones de habitabilidad y para estimar la posibilidad de encontrar asentamientos humanos antiguos.

El tercer nivel de potencialidad vincula las características de emplazamiento de los sitios detectados previamente con las condiciones actuales que permitan detectar nuevos sitios a pesar de la activa modificación del paisaje. En este sentido, es necesario remarcar dos aspectos fundamentales. Por un lado, todos los asentamientos humanos antiguos están relacionados con la toma de decisiones y elecciones de los pobladores debido a diversas condi-

ciones de habitabilidad y potencialidad para la explotación de recursos. Por otro, debemos considerar la limitación propia de la técnica de trabajar con el paisaje actual. De esta manera, si se emplazaron asentamientos en zonas alteradas por diversos factores (desmonte, erosión, entre otras) las probabilidades de detección de materiales arqueológicos son muy bajas. Según los objetivos planteados en esta oportunidad, la importancia de este nivel no es el lugar de asentamiento antiguo probable sino el lugar de asentamiento actualmente detectable.

El segundo nivel de potencialidad se basa en proyectar a un área mayor las características espectrales de los lugares de emplazamiento conocidos.

El primer nivel de potencialidad se refiere al área de influencia de los asentamientos previamente detectados, siendo fundamental no solo para extender las tareas de excavación sino también para la definición de área prioritaria para gestión patrimonial dentro de la reserva.

El análisis integrador de la información permite aproximarnos al proceso de toma de decisiones y modificación del paisaje por parte de estas sociedades prehispánicas. Se refuerza la importancia de los albardones para el emplazamiento de estos antiguos asentamientos.

Se propone una compleja red de conocimientos y acciones sobre el paisaje que vinculan el resguardo de inundaciones y reocupaciones sucesivas que generaron la *sobreelevación* del terreno incrementando su valor y las probabilidades de reocupación (Lamenza *et al.* 2006). A su vez, estos emplazamientos aseguran las vías de comunicación y la disponibilidad de recursos. Hoy día, esta modificación del paisaje puede verse gracias a que estos antiguos asentamientos brindan la altura necesaria para la instalación de vegetación de mayor porte.

Es fundamental una posterior etapa de trabajo donde se utilice la cartografía resultante, se incorporen datos auxiliares para la planificación logística y se ejecuten prospecciones arqueológicas mediante un muestreo sistemático que permita validar estadísticamente la utilidad de este procedimiento y su grado de ajuste.

Agradecimientos

Especial consideración a Eduardo Boló Bolaños y su familia por abrirnos las puertas de su «El Cachapé». Destacar la disposición de siempre y el inquebrantable compromiso para proteger la rica historia prehispánica de la reserva. Estas investigaciones fueron financiadas por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) y la Universidad Nacional de La Plata a través de proyectos de investigación acreditados (PIP Nº 11220120100111 y 11/N754, PPID N016 respectivamente).

Sobre el autor

Nicolás G. Lamenza es Licenciado en Antropología (2009) por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y Doctor en Ciencias (2012) por la Universidad Nacional de Catamarca, Argentina. Investigador especializado en el Holoceno tardío del Chaco meridional, actualmente es becario posdoctoral del CONICET y Ayudante docente en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP, Argentina. Correo electrónico: glamenza@fcnym.unlp.edu.ar.

BIBLIOGRAFÍA

Araneda, E. 2002. Uso de Sistemas de Información Geográficos y análisis espacial en Arqueología: proyecciones y limitaciones. *Estudios Atacameños* 22: 59-76.

Barceló, J. A., M. Pallares. 1996. A critique of GIS in archaeology. From visual seduction to spatial analysis. *Archeologia e Calcolatori* 6.

Bartoncello, F., L. Nuninger. 2002. Simulations et modèles d'analyse spatiale. Compte rendu de l'École thématique de Montpellier, 17-21 octobre 2001. *Ager* 11: 39-46.

Braunstein, J. A., S. A. Salceda, H. A. Calandra, M. G. Méndez, S. O. Ferrarini. 2002. Historia de los chaqueños: buscando en la «papelera de reciclaje» de la antropología sudamericana. *Acta Americana, Journal of the Swedish Americanist Society* 10/1: 59-88.

Cabrera, A., A. Willink. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Serie Biología. Monografía 13. OEA. 122 pp.

Calandra, H. A., S. A. Salceda. 2004. El territorio y sus ocupantes: ¿qué, quiénes, cómo y cuándo? *Folia Histórica del Nordeste* 15: 107-128. Resistencia, Chaco.

Conolly, J., M. Lake. 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge University Press.

De Feo, M. E. 2010. *Organización y uso del espacio durante el Período Formativo en la Quebrada del Toro (Pcia. de Salta)*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

De Feo, C., H. A. Calandra, M. Santini, B. Aguirre, G. Lamenza, M. Lanciotti, L. del Papa, A. Porterie. 2003.

Localización espacial y caracterización cultural de sitios arqueológicos del Gran Chaco meridional. En *XXII Encuentro de Geohistoria Regional*, pp. 263-294. Chaco, Argentina.

De Feo, M. E., D. Gobbo. 2005. Diseño de un modelo predictivo para la localización de tramos de vialidad incaica mediante la utilización de SIG. En *Actas del Primer Congreso Argentino de Arqueometría*, pp. 421-428.

Desántolo, B., M. Santini, S. Salceda. 2005. Arqueología Chaqueña 4: hallazgo de restos humanos en el sitio arqueológico «El Cachapé-Potrero V». Informe preliminar. En *Actas del XXV Encuentro de Geohistoria Regional*. Corrientes: IIGHI-CONICET.

Figuerero Torres, M. J., A. Izeta, eds. 2013. *El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en arqueología sudamericana*. South American Archaeology Series 18. Oxford.

Ginzburg, R., J. Adámoli. 2006. Situación ambiental en el Chaco húmedo. En *La Situación Ambiental Argentina*, editado por A. Brown, U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera, pp. 103-113. Fundación Vida Silvestre Argentina: Buenos Aires.

Iriondo M. 1999. Climatic changes in the South American plains: Records of a continent-scale oscillation. *Quaternary International* 57/58: 93-112.

Kvamme, K. L.

— 1990. GIS and their effects on regional archeological analysis. En *Interpreting Space: GIS and Archeology*, editado por K. Allen, S. Green y E. Zubrow, pp. 112-125. Londres: Taylor & Francis.

— 2006. There and Back Again: Revisiting Archaeological Location Modeling. En *GIS and Archaeological Predictive Modeling*, editado por M. W. Mehrer y K. Wescott, pp.3-38. Boca Raton: CRC-Taylor & Francis.

Lamenza, G.

— 2006. *Informe final de actividades*. Beca experiencia laboral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

— 2013. *El hombre y el ambiente en el Holoceno tardío del Chaco meridional.* Universidad Nacional de Catamarca.

Lamenza, G., B. Aguirre, H. Calandra. 2005. Alfarería arqueológica del sector Paraguay-Paraná del Chaco meridional: su sistematización e identidad. En *Actas del XXV Encuentro de Geohistoria Regional*. Corrientes: IIGHI-CONICET.

Lamenza, G., G. Balbarrey, B. Aguirre, H. Calandra. 2006. Complejidad e interacción de sociedades prehispánicas ribereñas del Gran Chaco argentino. En *Actas del XXV Encuentro de Geohistoria Regional*. Resistencia: IIGHI-CONICET.

Lamenza, G., H. Calandra, S. Salceda.

— 2011. Cronología radiocarbónica chaqueña: espacio y tiempo de la presencia humana en la confluencia Paraguay-Paraná. En *1er Congreso Internacional de Arqueología de la Cuenca del Plata/4º Encuentro de Discusión Arqueológica del Nordeste Argentino/II Jornadas de Actualización en Arqueología Tupiguaraní*. Buenos Aires.

— 2015. Primera datación radiocarbónica del sitio Puerto 14 de mayo (Bahía Negra, Alto Paraguay). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 40/1. Buenos Aires.

Lamenza, G., C. Mostaccio, M. Andolfo, H. A. Calandra. 2006. Los sistemas de información geográfica y el registro arqueológico del Chaco meridional. *Revista Geográfica Digital* 6.

Lamenza, G., J. Rodríguez Mir, H. Calandra, S. Salceda. 2012. Variabilidad funeraria en el Chaco meridional. En *El hombre, el medio y sus relaciones*, compilado por E. Silvera de Buenader y S. E. Martínez de Montiel, pp. 177-189. Universidad Nacional de Catamarca.

Lamenza, G., M. Santini. 2013. Arqueología del Chaco meridional: nuevos aportes a la comprensión de la dinámica cultural chaqueña prehispánica. *Suplemento Antropológico* 48/2: 145-220.

Magnin, L. 2010. *Distribuciones arqueológicas en la Meseta Central de Santa Cruz. Implicancias para los estudios de uso del espacio y movilidad de sociedades cazadoras-recolectoras*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

Matteucci, S. D., V. Scheinsohn. 2004. Procesamiento de imágenes, SIG y modelos ecológicos aplicados a la arqueología. *GeoFocus* 4: 93-109.

Mignone, P.

— 2011. Empleo de sistemas de información geográfica en el estudio de «montañas sagradas»: el Nevado de Acay y sus cuencas hidrográficas adyacentes. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 36: 123-148. Buenos Aires.

— 2013. Arqueología y SIG histórico: desafíos interpretativos del «Itinerario» del Oidor de la Real Audiencia de Charcas Juan de Matienzo (1566) a la luz de la arqueología espacial. *Arqueología Iberoamericana* 17: 23-32. < http://www.laiesken.net/arqueologia/archivo/2013/17/2 >

Morello, J. 1995. Reflexiones acerca de las relaciones funcionales de los grandes ecosistemas sudamericanos. En *El Futuro Ecológico de un Continente*, compilado por G. Gallopin. Editorial de la Universidad de las Naciones Unidas y Fondo de Cultura Económica.

Morello, J., J. Adámoli J. 1974. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Segunda parte: vegetación y ambiente de la Provincia del Chaco. INTA, Serie Fitogeográfica 13. Buenos Aires: Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación. 130 pp.

Morello, J., A. Rodríguez, eds. 2009. El Chaco sin bosques: La Pampa o el desierto del futuro. Buenos Aires: Gepama-Unesco.

Naumann, M. 2006. *Atlas del Gran Chaco Sudamericano.* Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GZT). Buenos Aires: ErreGé & Asoc. 96 pp.

Neiff, J. J., M. H. Iriondo, R. Carignan. 1994. Large Tropical South American Wetlands: An Overview. En *Proceedings of the International Workshop on the Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones*, compilado por G. L. Link y R. J. Naiman, pp. 156-165. Seattle, EE. UU.

Salceda, S. A., H. A. Calandra, G. Lamenza. 2008. Arqueología y Canibalismo en el Chaco Meridional Sudamericano. En *XVI Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Simposio: El Mundo Funerario y la Sociedad: Aportes de la Arqueología de la Muerte*. San Salvador de Jujuy.

Santini, M. 2009. *Prehistoria de la región meridional del Gran Chaco: aportes del análisis de restos faunísticos en la reconstrucción de las estrategias adaptativas de los grupos aborígenes.* Tesis Doctoral Inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

Wescott, K. L. 2000. Introduction. En *Practical Applications of GIS for Archaeologist. A Predictive Modeling Kit*, editado por K. L. Wescott y R. J. Brandon, pp. 1-5. Londres: Taylor & Francis.